

УДК 658.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Р. Р. Загидуллин¹, Э. Ф. Рахматуллин²

¹polysoft@list.ru, ²dotu@list.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 02.03.2013

Аннотация. Представлена постановка задачи автоматизации планирования множества различных процессов машиностроительного предприятия. Проведена классификация процессов. Представлено решение задачи автоматизации планирования процессов.

Ключевые слова: процессы; бизнес-процессы; планирование; автоматизация; жизненный цикл продукции; APS; MES.

ВВЕДЕНИЕ

Управление машиностроительным предприятием (МП) с использованием систем планирования классов APS (Advanced Planning & Scheduling) и MES (Manufacturing Execution System) позволяет улучшить и оптимизировать основные плановые показатели в процессе планирования производства. Оптимальность плана напрямую связана с моделью описывающей производство МП. При использовании для планирования систем APS и MES встает вопрос об адекватности моделей планирования с точки зрения полноты представления данных.

Для планирования процессов производства на МП на внутрицеховом уровне используют MES-системы. Для межцехового планирования лучше всего использовать APS-системы. Однако и те и другие системы учитывают в подавляющем большинстве лишь *процессы основного производства*, в то время как планирование МП не ограничивается только ими.

В данной статье рассмотрен метод представления данных для процессов различного характера в процессах планирования.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Объектом исследования и управления в данной статье является производственный процесс машиностроительного предприятия. Под производственным процессом МП будем понимать многоэтапный процесс, в ходе выполнения которого осуществляется превращение некоего

предмета природы в определенное готовое изделие [1].

Целью исследования является автоматизация формирования данных о процессах, подлежащих планированию с использованием основных критериев: минимальная суммарная длительность жизненного цикла продукции (ЖЦП) T_{Σ} на этапах от конструкторского проектирования изделия до отгрузки изделия потребителю; максимальное использование производственных мощностей за счет оптимального использования оборудования и прочих обслуживающих устройств при выпуске изделий [2]; повышение рентабельности производства [3].

Для достижения данной цели проанализируем этапы ЖЦП и процессы, протекающие на МП.

На машиностроительных предприятиях производство можно разделить на этапы основного производства и предшествующие им этапы конструкторско-технологической подготовки производства. При этом в соответствии со стандартами ISO 9000-2008 [4], конструкторско-технологическому производству соответствуют этапы ЖЦП представленные на рис. 1.

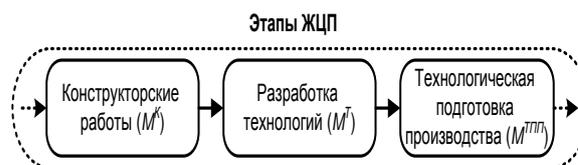


Рис. 1. Этапы конструкторско-технологического производства

Тогда множество всех работ, или процессов, определится как

$$M = M^{КТП} \cup M^O,$$

где M – множество всех процессов, $M^{КТП}$ – множество процессов конструкторско-технологической подготовки производства и M^O – множество процессов основного производства.

При этом конструкторско-технологический этап производства $M^{КТП}$ может быть представлен как объединение множеств процессов следующих этапов: конструкторского (M^K), технологического (M^T) и подготовки производства ($M^{ТПП}$):

$$M^{КТП} = M^K \cup M^T \cup M^{ТПП}.$$

Данная цепочка этапов ЖЦП может выполняться, в традиционном представлении, строго последовательно (рис. 2), когда сначала выполняются все процессы этапа конструкторских работ, после чего выполняются процессы этапа разработки технологии и только после этого начинается технологическая подготовка производства. В случае если все конструкторские работы выполняются одним бюро и одними и теми же исполнителями, то после завершения конструкторских работ по одному изделию M^{K1} начинаются работы по другому изделию M^{K2} и т. д.

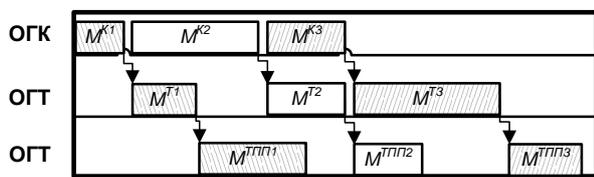


Рис. 2. Последовательное выполнение этапов ЖЦП

В ряде случаев указанные этапы ЖЦП могут выполняться последовательно-параллельно (рис. 3).

Такое бывает возможным в тех случаях, когда конструкторский отдел передает часть чертежей на технологическую проработку, не дожидаясь завершения конструкторских работ по всему объему чертежей деталей и сборочных единиц, так как по уже утвержденным сборочным чертежам и имеющейся детализовке можно

начинать разработку технологии изготовления. Это позволяет с определенного момента времени вести параллельно с конструкторскими работами технологические работы. То же самое касается технологической подготовки производства. В результате общая длительность процессов конструкторско-технологического производства будет тем меньше, чем меньше будет величина разницы, например Δt_{T2-K2} , $\Delta t_{ТПП2-T2}$ и прочих, между временами начал смежных этапов.

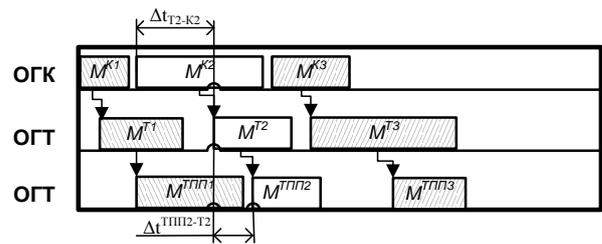


Рис. 3. Последовательно-параллельное выполнение этапов ЖЦП

Кроме того, не всегда работа над заказом начинается с конструкторских работ (рис. 4).

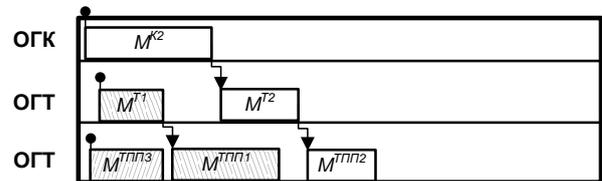


Рис. 4. Точки входа заказов

В ряде случаев на предприятии уже имеются чертежи ранее выпускавшихся изделий. При этом отпадает необходимость в процессах M^{K1} и необходимо лишь разработать технологию и выполнить процессы подготовки производства. Также возможны ситуации, в которых на предприятии уже разработана технология (процессы M^{T3} не требуют выполнения) и необходимо лишь выполнить процессы подготовки производства, предварительно проанализировав конструкторскую и технологическую документацию на возможность использования в условиях предприятия.

Кроме того, необходимо отметить, что процессы конструкторско-технологической подготовки производства порождаются не только в момент поступления некоего заказа на МП. Всегда в результате выполнения процессов основного производства возникают различные

вспомогательные процессы M^B , среди которых есть и процессы конструкторско-технологической подготовки. При этом вспомогательные процессы, как правило, должны быть выполнены раньше основных (рис. 5).

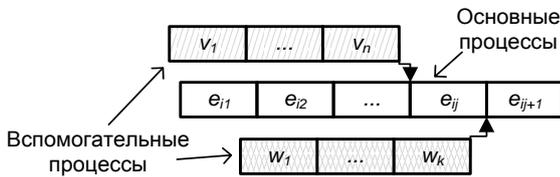


Рис. 5. Возникновение вспомогательных процессов

На рис. 5 видно, что по ходу выполнения некоего технологического процесса, для выполнимости определенной j -й операции, возникает необходимость выполнить некие вспомогательные процессы v_1-v_n , а для $j+1$ -й операции – вспомогательные процессы w_1-w_k . Это могут быть процессы по обеспечению операции инструментом, оснасткой, электроэнергией, а они в свою очередь могут требовать выполнения процессов еще более глубокого уровня, например процессов разработки технологии изготовления инструмента, процессов разработки конструкции инструмента и т. д. (о том, какие именно процессы могут порождаться по ходу технологического процесса, будет сказано далее).

Очень часто возникает ситуация, когда для обеспечения основного производства какими-либо ресурсами (материалами, сырьем, оснасткой, инструментом и т. п.) требуется начать выполнять вспомогательные процессы намного раньше, чем начнутся сами процессы основного производства. Иными словами

$$\tau_i^{h(vj)} < \tau_i^{h(oj)},$$

где $\tau_i^{h(vj)}$ – время начала вспомогательных процессов для обеспечения выполнимости некой j -й операции e_i деталесборочной единицы (ДСЕ), $\tau_i^{h(oj)}$ – начало j -й операции основных процессов при изготовлении ДСЕ e_i .

Таким образом, разобравшись в задачах, которые нам необходимо решить, преступим к описанию методики формирования множества всех процессов, протекающих на МП.

2. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МНОЖЕСТВА ПРОЦЕССОВ

Для того чтобы начать планировать процессы МП, их необходимо привести к формальному виду. Для этого, в первую очередь, необходимо классифицировать процессы МП. Далее, составив определенную классификацию процессов, нужно создать базу данных (БД) процессов МП и эту БД заполнить. После этого необходимо сформировать алгоритм определения множества процессов, подлежащих планированию.

2.1. Классификация процессов

Классификацию процессов проведем, опираясь на последовательность этапов ЖЦП, согласно стандарту ИСО 9000-2008, а также опираясь на ход технологического процесса и организацию производства на МП.

При изучении процессов на МП можно видеть, что из всего множества процессов можно выделить подмножество процессов, которые можно назвать основными.

Основные процессы – это в первую очередь процессы изготовления продукции *основного производства* согласно технологической документации (механообработка, сборка и т. д.). Также к множеству основных процессов можно отнести процессы, связанные с операциями контроля изготавливаемой продукции основного производства, процессы проведения приемосдаточных и иных испытаний продукции, процессы упаковки, маркировки и хранения произведенной продукции, складские операции для продукции основного производства (рис. 6).

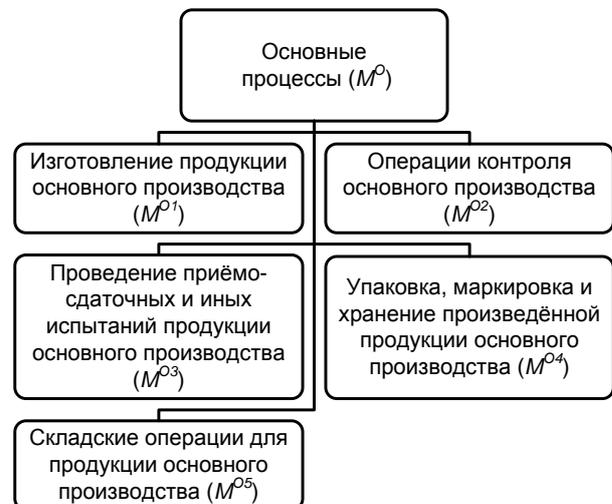


Рис. 6. Основные процессы МП

Иными словами, основные процессы M^O МП (см. рис. 5) можно представить следующим образом

$$M^O = M^{O1} \cup M^{O2} \cup M^{O3} \cup M^{O4} \cup M^{O5}.$$

Таким образом, множество всех процессов M , протекающих на МП, в первую очередь включает в себя процессы основного производства

$$M = M^O.$$

Помимо основных процессов можно еще выделить такое множество процессов, как *вспомогательные процессы*. Вспомогательные про-

цессы включают в себя в первую очередь процессы *вспомогательного производства*, а также процессы конструкторско-технологической подготовки производства. Кроме того, к вспомогательным процессам относятся также плано-предупредительные ремонтные работы оборудования, относящиеся как к основному, так и к вспомогательному производству (рис. 7).

Таким образом, согласно классификации, представленной на рис. 7, процессы вспомогательного производства можно представить как следующее множество

$$M^B = M^{B1} \cup M^{B2} \cup M^{B3} \cup \dots \cup M^{B18}$$

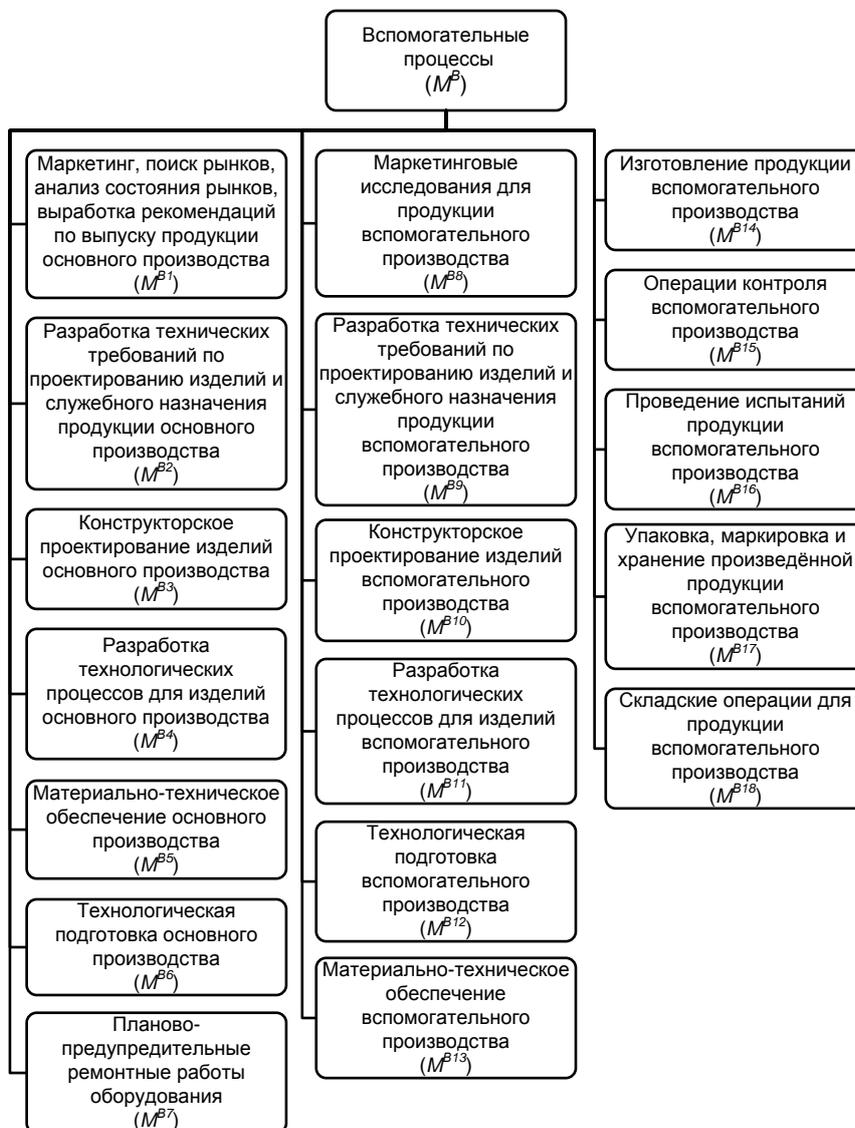


Рис. 7. Вспомогательные процессы МП

Теперь к множеству всех процессов M , протекающих на МП, можно добавить процессы вспомогательного производства

$$M = M^O \cup M^B.$$

Кроме описанных выше процессов можно еще выделить, так называемые, процессы *аутсорсинга*. Данные процессы мы назовем *сторонними процессами* (рис. 8). Сторонних процессов на МП может быть достаточно много. На аутсорсинг может быть передан практически любой процесс.

При этом следует подчеркнуть одну особенность планирования процессов аутсорсинга. Так, если при планировании процессов, протекающих на самом МП, планирование осуществляется на реальное обслуживаемое устройство (ОУ), имеющееся на предприятии (станки, обрабатывающие центры, персонал МП и т. д.), то при планировании процессов аутсорсинга планирование осуществляется на так называемое *фиктивное ОУ*. При таком планировании нам известны лишь моменты времени начала окончания выполнения процессов, а все, что происходит внутри процесса между его началом и завершением, нас не интересует.

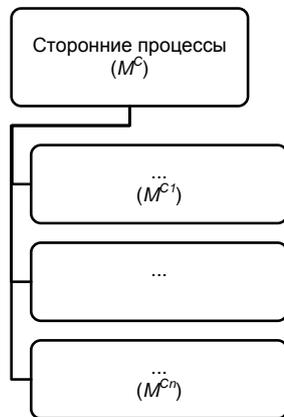


Рис. 8. Сторонние процессы МП

Дополним нашу классификацию множества процессов M , протекающих на МП, сторонними процессами M^C (от 1 до n)

$$M = M^O \cup M^B \cup M^C.$$

$$M^C = M^{C1} \cup M^{C2} \cup \dots \cup M^{Cn}.$$

Теперь рассмотрим *процессы жизнеобеспечения* МП. Эти процессы являются тем фундаментом, на котором базируются все остальные процессы, описанные выше. Процессы жизнеобеспечения, как правило, при планировании

указанных выше процессов не планируются и не учитываются. Однако учет этих процессов необходим для полноты представления данных обо всех процессах МП.

К процессам жизнеобеспечения относятся процессы: обеспечения МП электроэнергией, водоснабжения, теплоснабжения, строительства, ремонта зданий и коммуникаций и др. (рис. 9).

Эти процессы также используют ресурсы. На их выполнение иногда могут привлекаться рабочие, которые в то же время заняты в других процессах. Кроме того, даже специализированные рабочие, занимающиеся исключительно процессами жизнеобеспечения МП, могут привлекаться к выполнению одновременно несколько процессов жизнеобеспечения.

Такое положение дел может привести в какой-то момент к тому, что на одного рабочего будет возложено в одно и то же время несколько различных задач. Однако выполнить их все он не сможет, что приведет к срыву управления и всеми остальными процессами. Поэтому весь перечень процессов жизнеобеспечения $M^Ж$ должен учитываться и планироваться в общей задаче планирования всех процессов МП.

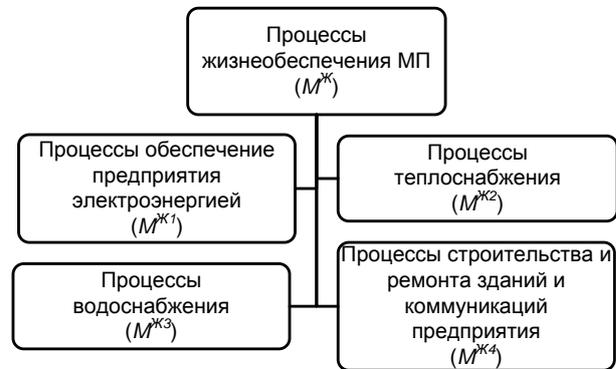


Рис. 9. Процессы жизнеобеспечения МП

Учет и планирование процессов жизнеобеспечения должны вестись как на базе текущих потребностей МП в поддержании этих процессов, так и на основе статистического анализа. Например, на базе статистических данных можно заблаговременно прогнозировать на какой-либо период времени необходимые работы, людские и прочие ресурсы. Поэтому внесем в нашу классификацию процессов M процессы жизнеобеспечения $M^Ж$

$$M = M^O \cup M^B \cup M^C \cup M^Ж,$$

$$M^Ж = M^{Ж1} \cup M^{Ж2} \cup M^{Ж3} \cup M^{Ж4}.$$

Необходимо также учесть процессы, которые можно назвать *прочими процессами МП*, не относящимися к производству и жизнеобеспечению. Это процессы, относящиеся к финансовой и бухгалтерской деятельности, а также процессы делопроизводства, так как эти процессы всегда имеются в наличии на любом предприятии. Дополним наше множество M следующим образом

$$M = M^O \cup M^B \cup M^C \cup M^Ж \cup M^П, \quad (1)$$

$$M^П = M^{П1} \cup M^{П2},$$

где $M^{П1}$ – процессы, относящиеся к финансовой деятельности, $M^{П2}$ – процессы делопроизводства.

Необходимо сказать еще об одном виде процессов – это *процессы, протекающие вне МП– $M^{ВП}$* . Согласно стандарту ИСО 9000-2008 ЖЦП включает в себя еще и такие этапы, как этапы (и соответственно, процессы) реализации ($M^{ВП1}$), эксплуатации изделия ($M^{ВП2}$), технического сопровождения ($M^{ВП3}$) и утилизации продукции ($M^{ВП4}$).

$$M^{ВП} = M^{ВП1} \cup M^{ВП2} \cup M^{ВП3}.$$

В нашем исследовании отнесем эти процессы к процессам, протекающим вне МП. Они отличаются от сторонних процессов M^C тем, что результаты выполнения сторонних процессов замкнуты на МП напрямую, а все последующие процессы, связанные со сторонними зависят от качества и времени выполнения сторонних процессов. Процессы же класса МП $M^{ВП}$ не влияют на показатели. Результаты их выполнения не влияют на выполнение процессов на МП, они не участвуют в планировании. Вся классификация процессов фрагментарно представлена на рис. 10.

2.2. База данных обслуживающих устройств

Прежде чем начнем составлять базу данных (БД) процессов МП, необходимо сначала составить БД обслуживающих устройств (ОУ) [5]. ОУ на МП являются конструкторы, технологи, сотрудники разных отделов, рабочие центры, станки, роботы-манипуляторы и т. д.

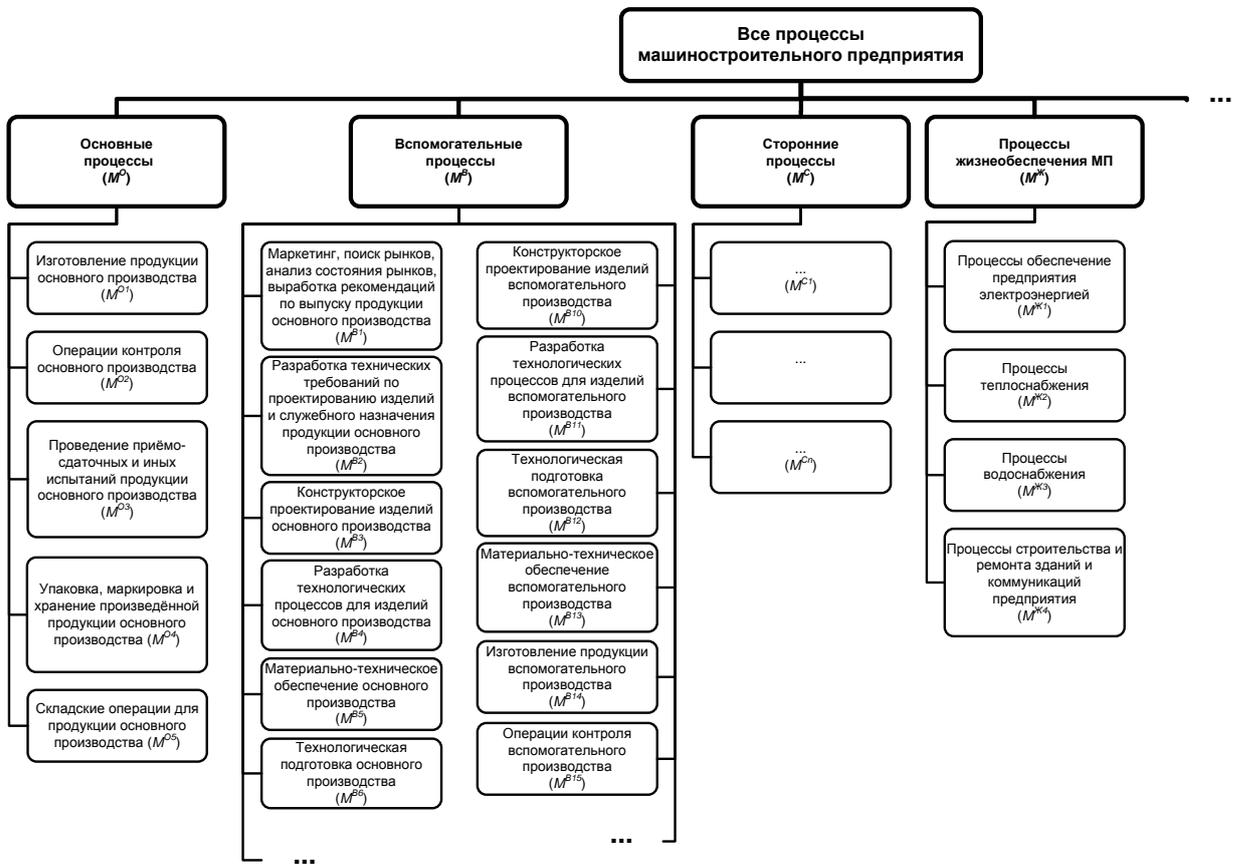


Рис. 10. Общая классификация процессов МП

Для составления БД процессов нас интересуют в первую очередь такие ОУ, как персонал

МП. Любому работнику МП можно присвоить уникальный идентификационный код. На боль-

шинстве МП в качестве такого кода обычно использую табельный номер. Однако нам необходим код, принцип задания которого был бы максимально информативным. Код должен содержать значащие группы цифр, информирующих не только о том, о каком работнике идет речь в данном случае, но и о том, к какому подразделению и отделу данный работник относится. Кроме того, код должен быть таковым, чтобы он подходил и для определения самих отделов и подразделений в тех случаях, когда планирование идет не на конкретного работника, а на весь отдел или подразделение. Поэтому предлагается следующий способ идентификации людских ОУ. ОУ необходимо представлять в виде

$$N = n_1 n_2 n_3,$$

где N – это уникальный код ОУ, n_1 – код отдела к которому относится ОУ, n_2 – код подразделения отдела к которому относится ОУ, n_3 – код самого ОУ, который будет ни чем иным, как табельным номером работника.

Например, инженер-конструктор отдела главного конструктора ($n_1 = 08$), конструкторского бюро взрывозащищенных двигателей и атомного оборудования ($n_2 = 26$) с табельным номером $n_3 = 12446$, будет обозначаться как

$$N = 08\ 26\ 12446, \quad (2)$$

Таким образом, у нас будет база отделов, фрагмент которой представлен в табл. 1.

Также у нас будет база подразделений для каждого отдела. Например, фрагмент данных отдела ОГК ($n_1 = 08$) представлен в табл. 2.

Для того чтобы обеспечить привязку подразделений к отделу, в самой верхней строчке указан отдел и его код (08). Кроме того, при заполнении таблицы имеется необходимое допущение: главный конструктор и его заместитель находятся в одном списке вместе с подразделениями. Это необходимо потому, что, например, главного конструктора нельзя отнести к какому-то конкретному подразделению, где его можно было бы описать. Он относится ко всем подразделениям, и планирование может идти на самого главного конструктора, а не на подразделения ОГК. В таких случаях код ОУ следующий:

$$N = 08\ 1313100, \quad (3)$$

где 13131 – табельный номер главного конструктора.

Таблица 1

Отделы МП	
n_1	Наименование отдела
01	Отдел режимно-секретно-мобилизационный
02	Отдел производственно-диспетчерский
03	Отдел планово-экономический
04	Отдел материально-технического снабжения
05	Отдел комплектации
06	Отдел финансовый
07	Отдел главного механика
08	Отдел главного конструктора
...	...
25	Информационно-вычислительный центр
...	...

Таблица 2

Подразделения ОГК	
08	Отдел главного конструктора
n_2	Наименование подразделения отдела
1313	Главный конструктор – Начальник отдела
1	
2131	Заместитель начальника отдела
5	
03	Бюро САПР (Система Автоматизированного Проектирования)
...	...
26	Конструкторское бюро взрывозащищенных двигателей и атомного оборудования
...	...

Это же касается его заместителя и, возможно, еще некоторых сотрудников ОГК, например, секретаря, т. е. в табл. 2 у подразделений код n_2 двухзначный, а код сотрудников, относящихся ко всему отделу, – это их табельный номер.

Аналогичный фрагмент таблицы для конструкторского бюро взрывозащищенных двигателей и атомного оборудования представлен в табл. 3.

Для того чтобы была привязка сотрудников к подразделению и отделу, в самой верхней строчке указано подразделение и его код (26) вместе с кодом отдела (08) к которому относится это подразделение.

После заполнения табл. 1–3, становится понятным значение (2).

Если планирование идет на конкретного работника какого-то подразделения, то код записывается подобно (2).

Если планирование идет на все подразделения или на ОУ, относящееся ко всему отделу, а не к какому-то подразделению, то код записывается подобно (3).

Таблица 3
Сотрудники подразделений

№ пп	Фамилия Имя Отчество	Должность	n_3 (табельный номер)
08 26	Конструкторское бюро взрывозащищенных двигателей и атомного оборудования		
01	Иванов Николай Петрович	Начальник бюро	55938
02	Сомов Сергей Иванович	Ведущий инженер-конструктор	49938
03	Котов Андрей Рэмович	Инженер-конструктор	12446
04

Если планирование идет на весь отдел без учета подразделений и отдельных ОУ, относящихся ко всему отделу, то код записывается подобно (4):

$$N = 08\ 00\ 00. \quad (4)$$

Заполнив такие же таблицы для всех отделов и подразделений, получим полную БД людских ОУ для МП.

2.3. База данных процессов

БД процессов составим в соответствии с приведенной выше классификацией процессов МП, где в каждую классификационную группу запишем все процессы, протекающие на МП, относящиеся именно к этой классификационной группе.

Например, для группы M^B – вспомогательных процессов МП, подгруппы M^{B3} – конструкторское проектирование изделий основного производства, фрагмент базы будет выглядеть согласно табл. 4.

Из табл. 4 видно, что в заголовке таблицы указано название классификационной группы процессов, а ниже название подгруппы процессов. В обоих случаях указано условное кодовое обозначение M^B и M^{B3} . Центральным столбцом таблицы является столбец «Процессы». В нем перечисляются названия всех процессов, относящихся к данной подгруппе процессов. Слева от столбца «Процессы» есть столбец «ОУ^П», в котором для каждого процесса указываются коды обслуживающих устройств именно для данного процесса. В качестве примера приведен код из (2).

Справа от столбца «Процессы» указываются ресурсы для каждого процесса. А для каждого

ресурса приводится список обслуживающих устройств, активизировать которые будет необходимо в случае, если требуемый ресурс будет недоступен.

Таблица 4

Фрагмент БД			
Вспомогательный процесс (M^B)			
Конструкторское проектирование изделий основного производства (M^{B3})			
ОУ ^П	Процессы	Ресурсы	ОУ ^Р
ОУ1 ^П	1. Изучение служебного назначения детали	1. Электро-энергия	ОУ1 ^Р
ОУ2 ^П			ОУ2 ^Р
08 26 12446		...	ОУ3 ^Р
...	2. Персональный компьютер	2. Персональный компьютер	...
08 26 12446			25 02
...		20546	
...
ОУ1 ^П	2. Описание служебного назначения детали
08 26 12446	
...	
...

Таким образом, составляется БД для всех групп и подгрупп всех процессов МП.

2.4. Алгоритм планирования процессов

Изначально планирование процессов МП будем вести для основных процессов. Далее в процессе планирования в результате появления вспомогательных и других процессов в план будут включаться и все остальные процессы. Из нашей классификации процессов мы знаем, что есть пять типов основных процессов (рис. 6). Соответственно, в процессе планирования выбирается один из пяти типов основных процессов. В нашем случае – это первый тип основных процессов – изготовление продукции основного производства (M^{O1}).

Для того чтобы начать планировать процессы M^{O1} – изготовления продукции основного производства, необходимо в первую очередь проанализировать всю номенклатуру изделий из портфеля заказов.

После этого определяется горизонт планирования исходя из заключенных договоров и согласованных сроков выпуска для каждого изделия.

Далее для каждого изделия создается спецификация. Упрощенное представление этой спецификации можно видеть на рис. 11. На рисунке $M\ 1$, $M\ 2$, ..., $M\ 1.1.3$ – материалы, $CE\ 1$,

CE 2, CE 1.1 – сборочные единицы из которых состоит изделие.

Спецификация укрупненно отражает требуемые расходы по материалам и общую последовательность изготовления изделия. Далее с каждым элементом спецификации из множества процессов M^{OI} из нашей составленной ранее БД соотносят процессы, которые необходимо выполнить, чтобы получить данный элемент спецификации. А с каждым процессом соотносят технологический процесс (ТП), позволяющий получить данный элемент спецификации.

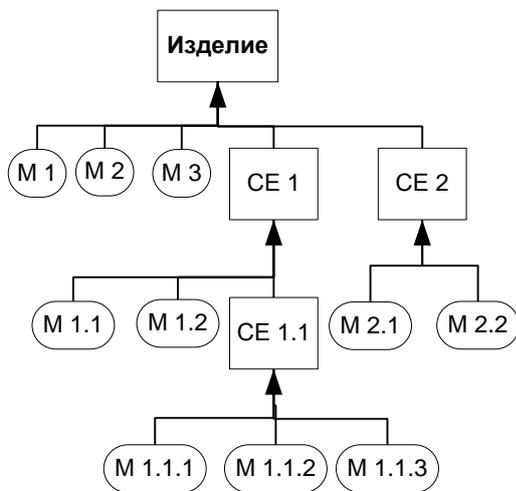


Рис. 11. Спецификация изделия

В ТП расписаны операции, которые необходимо выполнить, а также расписаны условия предшествования операций.

Для каждой операции, исходя из выбранного ТП, определяется точная норма расхода материала, требуемое оборудование и ОУ.

Все полученные данные заполняются в таблицу, аналогичную табл. 5.

В данной таблице в столбце «Операции» указываются построчно все операции e_{in_i} , которые необходимо выполнить для данного процесса, где I – номер обрабатываемой детали, n_i – количество операций для i -й детали. В группе столбцов с общим заголовком «Ресурсы» перечисляется весь необходимый перечень ресурсов P_{iq_i} (материалы, электроэнергия, помещение, СОЖ и т. д.), необходимый для выполнения всех операций данного процесса, где q_i – количество видов ресурсов для i -й детали. По такому же принципу, с перечислением всех обслуживающих устройств OY_{im_i} , составляется группа столбцов с общим заголовком «Обслу-

живающие устройства», где m_i – количество ОУ для i -й детали.

Таблица 5

Анализ операций

Операции	Ресурсы				Обслуживающие устройства				Выполнимость
	P_{i1}	P_{i2}	...	P_{iq_i}	OY_{1j}	OY_{2j}	...	OY_{im_i}	
e_{i1}	1	1	...	1	1	1	...	-1	1
e_{i2}	1	-1	...	1	1	-1	...	-1	1
e_{i3}	0	1	...	-1	-1	-1	...	1	0
e_{i4}	-1	-1	...	1	0	1	...	1	0
e_{i5}	0	0	...	0	0	0	...	0	0
...
e_{ik}	-1	-1	...	-1	-1	-1	...	-1	-1
e_{ik+1}	1	1	...	1	1	1	...	1	1
e_{in_i}	-1	0	...	1	-1	0	...	1	0

На пересечении операций e_{ij} с ресурсами P_{ij} и обслуживающими устройствами OY_{ij} , где $j \in [1; n_i]$ – для операций, $j \in [1; q_i]$ – для ресурсов, $j \in [1; m_i]$ – для ОУ, необходимо проставлять одну из следующих цифр «1», «0» или «-1», в зависимости от ситуации. Необходимо поставить «1», если данный ресурс или ОУ имеются в наличии и могут быть использованы для выполнения данной операции. Необходимо поставить «0», если данного ресурса или ОУ нет в наличии или они не могут быть использованы для выполнения данной операции. И необходимо поставить «-1», если для данной операции нет необходимости в использовании данного ресурса или ОУ. Последняя ситуация может возникнуть потому, что в столбцах ресурсов и ОУ перечислены все ресурсы и все ОУ для всех перечисленных операций. Операции могут быть самыми различными, но ресурсы и ОУ для них могут быть как одинаковыми, так и совершенно разными.

В столбце «Выполнимость» также проставляется одно из трех чисел (1, 0, -1). Ставится «-1», если во всей строке на пересечении со столбцами ресурсов и обслуживающих устройств стоят «-1», что будет означать, что в выполнении данной операции нет необходимости. Ставится «0», если во всей строке есть хотя бы один «0». Это будет означать, что выполнение данной операции невозможно либо по причине недостатка ресурсов, либо по причине занятости ОУ. И в столбце «Выполнимость» ставится «1»,

если во всей строке нет ни одного «0», а есть хотя бы одна «1».

Таким образом для каждой операции можно выявить проблемные места, препятствующие завершению процесса изготовления продукции основного производства.

В том случае, когда в столбце выполнимости появляется хотя бы один «0», это порождает либо вспомогательные процессы M^B , либо процессы жизнеобеспечения $M^Ж$, либо какие либо другие процессы из множества (1).

Алгоритм формирования этого нового множества процессов, выполнить которые необходимо для того, чтобы множество текущих основных процессов было выполнено, заключается в следующем.

Если для некой операции не находится ОУ, то необходимо либо пересчитать расписание, изменив директивный срок выпуска одного или нескольких изделий (на более длительных интервалах времени – выше пространство для маневра распределения задач по ОУ), либо назначить для данной операции ОУ вручную из числа ОУ, пригодных для выполнения операции, но по определенным причинам не привлеченных системой планирования для ее выполнения (например, на менее квалифицированного служащего можно вручную возложить задачу, предназначавшуюся для более квалифицированного, способного выполнить операцию быстрее, но в силу своей загруженности не способного в данном случае выполнить операцию). Если же для какой-то операции не достает некоего ресурса, то определяется список процес-

сов, выполнение которых позволит получить данный ресурс. Для каждого процесса определяется список операций. Все операции заносятся в таблицу, аналогичную табл. 5. И уже для этих операций определяются требуемые ОУ, ресурсы и их достаточность для выполнения данных операций. В случае если выявляется недостаток в каких-то ресурсах или ОУ, то процесс устранения данного недостатка повторяется циклически на всех этапах планирования и на всех уровнях глубины вложения процессов.

Далее создается диаграмма Гантта для всех операций и процессов с учетом порядков вложенности процессов и формирования основными процессами вспомогательных и прочих процессов. Диаграмма формирования вспомогательных процессов в процессе планирования основного производства представлена на рис. 12.

Аналогичные действия в случае необходимости выполняются и для других типов основных процессов (операции контроля, проведение прямо-сдаточных испытаний и т. д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день для того, чтобы предприятие было конкурентоспособным, должны обновляться, с определенной периодичностью не только оборудование и технология производства, но также методы принятия решения, в частности, используемые при определении необходимых данных для планирования производства.

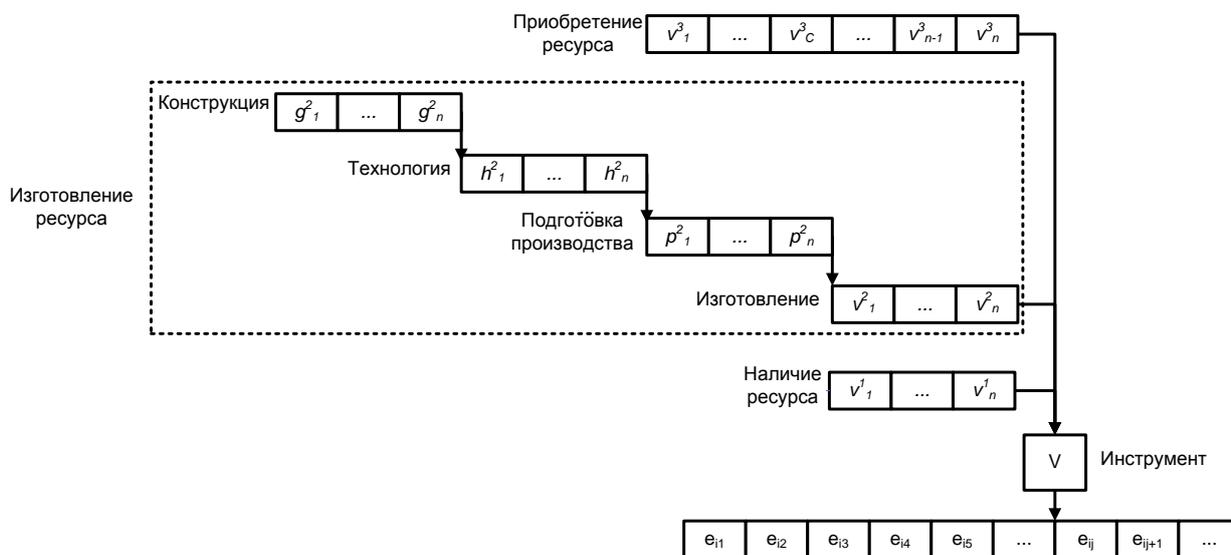


Рис. 12. Диаграмма порождения вспомогательных процессов

Исходя из этого, очевидна актуальность решения задачи автоматизированного управления и оптимизации производством на основе более точного представления множества процессов, подлежащих планированию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение; СТАНКИН, 1997. 592 с.
2. Загидуллин Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP: монография. Ст. Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.
3. Непомнящий Е. Г. Экономика и управление предприятием: конспект лекций. Таганрог: ТРТУ, 1997. 374 с.
4. ГОСТ Р ИСО 9000-2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М., 2008.
5. Загидуллин Р. Р. Математическая модель предварительного назначения работ в гибких производственных системах механической обработки // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2005. Т. 6, № 1 (12). С. 95–97.

ОБ АВТОРАХ

ЗАГИДУЛЛИН Равиль Рустэм-бекович, проф. каф. автоматиз. технол. процессов. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1983). Д-р техн. наук (УГАТУ, 2007). Иссл. в обл. упр. и планир. производством.

РАХМАТУЛЛИН Эдуард Фаритович, асп. той же каф. Дипл. инж. по автоматиз. технол. проц. и производств в машиностр. (УГАТУ, 2009).

METADATA

Title: Automation of planning processes of an engineering factory.

Authors: R. R. Zagidullin and E. F. Rakhmatullin.

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: dotu@list.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 5 (58), pp. 44-54, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The article introduces the statement of the problem of automation of planning a number of different processes of machine-building enterprise. Classification of processes has carried out. The solution of the problem of automation of planning processes has presented.

Key words: Processes; business processes; planning; automation; product life cycle; APS; MES.

References (English Transliteration):

1. I. M. Kolesov, *Bases of Technology of Mechanical Engineering*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie; STANKIN, 1997.
2. R. R. Zagidullin, *Management of Machine-Building Production by Means of MES, APS, ERP Systems: monograph*, (in Russian). Old Oskol: TNT, 2011.
3. E. G. Nepomnyashchiy, *Economics and Management of the Factory: Lectures Notes*, (in Russian). Taganrog: TRTU, 1997.
4. *Quality Management System. Fundamentals and Vocabulary*, (in Russian), GOST R ISO 9000-2008. Moscow, 2008.
5. R. R. Zagidullin, "Mathematical model of preliminary purpose of works in flexible production systems of machining," (in Russian), *Vestnik UGATU*, vol. 6, no. 1 (12), pp. 95-97, 2005.

About authors:

ZAGIDULLIN, Ravil Rustem-Bekovich, Prof., Technological Processes Automation Dept.. Dipl. Mechanical Engineer (UAI, 1983). Dr. (Habil.) Tech. Sci. (UGATU, 2007).

RAKHMATULLIN, Edward Faritovich, Postgrad. (PhD) Student, Technological Processes Automation Dept.. Dipl. Engineer for Automation and Production (Mechanical Engineering) (UGATU, 2009).